



ASOCIACION ARGENTINA
DE ECONOMIA POLITICA

ANALES | ASOCIACION ARGENTINA DE ECONOMIA POLITICA

LII Reunión Anual

Noviembre de 2017

ISSN 1852-0022

ISBN 978-987-28590-5-3

Equilibrios en una economía de mercado con
información imperfecta y racionalidad limitada.

Fernández, Matías
Ivars, Juan

Equilibrios en una economía de mercado con información imperfecta y racionalidad limitada

Matías Daniel Fernandez (UNLP)
Juan Sebastián Ivars (UNLP)

31 de agosto de 2017

Abstract

El Primer y Segundo Teorema de Bienestar suponen la existencia de información perfecta en los precios de mercado, es decir, que éstos contienen toda la información relevante para la toma de decisiones y son conocidos por todos los agentes. Sin embargo, debido a que este supuesto es muy fuerte, se han desarrollado diversas corrientes de la economía que analizan el comportamiento de los agentes ante la existencia de asimetrías en la información. En el presente trabajo se busca realizar un abordaje que permita la existencia de estas asimetrías, pero además, considere que los agentes tienen sesgos en su toma de decisiones; en consecuencia desarrollan un mecanismo de aprendizaje sobre los precios del mercado. Este proceso define sus roles de compradores y vendedores, a fin de maximizar su utilidad. Para ello, se utiliza como base un modelo de sistemas complejos conocido como *Naming Game*, que permite implementar una primera etapa de aprendizaje sin costo, a partir de la interacción aleatoria de los agentes, y una segunda etapa, donde los mismos toman decisiones, participan del mercado y obtienen nueva información a través de sus experiencias particulares. Mediante este mecanismo de prueba y error los agentes alcanzan un equilibrio estable. Los primeros resultados que se obtienen permiten apreciar una pérdida de bienestar respecto a la asignación obtenida sólo con información asimétrica, efectos distributivos diferentes de los agregados de compradores y vendedores respecto a esos mismos agregados en la asignación con información asimétrica; y, finalmente, la caracterización del vendedor de menor valoración como el único agente que consigue mayor utilidad en el modelo propuesto que en el modelo que considera sólo información asimétrica.

Introducción

En el presente trabajo se analiza una economía de intercambio puro ante la ausencia de información y la presencia de sesgos cognitivos. En este tipo de economías se analizan circunstancias mediante las cuales diversos agentes (países, individuos, o sectores económicos) deciden intercambiar bienes con otros con el objetivo maximizar su bienestar. La falta de información empuja a los agentes a mecanismos de aprendizaje que resultan imperfectos dado los sesgos cognitivos que hemos incorporado. En este sentido, se parte de un desarrollo cognitivo conocido como *naming game*¹.

En el modelo original de *Naming game*, cada individuo se encuentra dotado de un conjunto de palabras, que se expande y contrae a partir de la interacción con otros agentes (cuya dotación de palabras es diferente). En cada momento, los agentes pueden lograr cierto consenso sobre la denominación de determinado objeto o aprender nuevos nombres para el mismo. El resultado final resulta en un proceso de convergencia mediante el cual todos los individuos aprenden que un mismo objeto alcanza el mismo significado para todos los individuos².

Los agentes del modelo propuesto alcanzan conjeturas sobre los precios de mercado a través de una adaptación del *Naming game*. Sin embargo, se incorpora un segundo mecanismo de aprendizaje, que resulta del propio intercambio que los agentes realizan en el mercado. En este caso, cuando al producirse el encuentro bilateral el intercambio es exitoso, cuando ambos tienen conjeturas coherentes de precios (uno de compra y el otro de venta), los agentes reconocen que en el futuro transacciones similares podrán ser realizadas. Por otro lado, cuando el intercambio fracasa, en situaciones en que alguno de esos dos individuos (o ambos) tiene conjeturas extremas sobre los precios, los mismos adaptan sus conjeturas a fin de lograr transacciones fructíferas en el futuro.

El artículo se encuentra estructurado en cuatro secciones. En la primera sección se presenta la motivación económica del estudio de una economía de mercado a través del *Naming Game*. En la segunda, se presenta el modelo teórico, el *Benchmark* utilizado para contrastar los resultados y las simulaciones. Finalmente se presentan las conclusiones, y en el apéndice la sintaxis desarrollada en Python.

Motivación

Los análisis sobre economías de intercambio simple consideran que los agentes tienen un conocimiento pleno sobre la información relevante del mercado, y que además se encuentra disponible para el procesamiento de los agentes en cada momento que este mismo lo requiera. A su vez, considera que estos últimos realizan sus elecciones a través de comportamientos racionales que les permiten tomar decisiones óptimas a través de la información requerida. Si bien se han desarrollado marcos analíticos que contemplan los problemas informativos propios de la conducta del hombre y las organizaciones³ estos abordajes se encuentran sujetos a la noción de agentes que son racionales, y toman decisiones óptimas de acuerdo al conjunto informativo (limitado) que poseen.

No obstante, en el presente trabajo se considera que los agentes presentan limitaciones en esas capacidades de cálculo. Se considera que los mismos tienen una conjetura asociada a un determinado evento, y a partir de un mecanismo de aprendizaje imperfecto pueden ir mejorando sus conjeturas respecto del mismo. En particular, se considera que ese método de aprendizaje está regido por las reglas de *Naming Game*. Es decir, se presenta un entorno en el cual los agentes tienen restricciones en el conjunto de información, pero además tienen limitaciones en sus capacidades cognitivas⁴.

La idea que subyace al análisis es que los agentes no son lo suficientemente sofisticados para tomar decisiones óptimas, pero lo interesante es identificar como a pesar de eso solucionan sus problemas cotidianos. Como los entornos de información imperfecta suelen generar imperfecciones de mercado, un aspecto importante a analizar es si los mecanismos de aprendizaje pueden proveer mecanismos

¹Basado en el artículo de Qiming Lu and Szymanski (2009)

²Este proceso no implica que siempre la palabra mediante la cual denotamos al objeto sea la misma en cada simulación, sino que finalmente el proceso convergerá a una palabra que puede variar según las condiciones iniciales.

³Es importante destacar que el último Premio Nobel fue otorgado en conjunto Oliver Hart y Bengt Holmström por sus análisis sobre teoría de contratos que tienen como objetivo analizar los problemas de información en distintas circunstancias.

⁴Se utilizó también como fuente bibliográfica el material de clases D. Heymann; Perazzo and Zimmermann (2013)

que se acerquen a condiciones de decisión óptimas de los agentes, que les permitan sortear esas dificultades.

El Modelo

Descripción

En primer lugar, al comenzar cada día, cada uno de los agentes se encuentra dotado con una unidad de un bien que se considera homogéneo⁵. Cada uno de los individuos posee una valoración particular sobre el mismo, pero no saben el precio que puede tener ese bien en el mercado. Por lo tanto, tampoco pueden conocer qué rol les brindará mayores beneficios dentro del mercado, es decir, si mejorarán su situación inicial siendo vendedores, compradores o simples consumidores de su dotación inicial.

A partir de allí, los agentes utilizan dos mecanismos de aprendizaje específicos. En primer lugar, los agentes mejoran sus conjeturas de precios a través de conversaciones bilaterales entre ellos (basado en el mecanismo de *Naming Game*), lo que no implica costos adicionales. En segundo lugar, los agentes aprenden a partir de las transacciones bilaterales de mercado que poseen un costo asociado al acceso de mercado, tanto si las transacciones son exitosas como si no lo son. Finalmente, se supone que los agentes no obtienen información de los mercados de los cuales no forman parte.

Especificaciones del modelo

Setup

- Se trata de un modelo basado en agentes, donde cada uno tiene la posibilidad de interconectarse bilateralmente entre sí, de forma tal que pueden conversar e intercambiar entre cualquiera de ellos.
- Cada agente tiene una valoración fija v sobre el bien (si el agente no compra ni vende, suponemos que tiene una utilidad igual a esta valoración, por el simple hecho de quedarse con el bien en su poder. Esta valoración se distribuye uniformemente e incluye el costo de acceder al mercado. A su vez, posee una conjetura sobre el precio mínimo p^{min} y máximo p^{max} que puede tener el bien dentro del mercado. Además, los individuos tienen un costo físico de acceder al mercado. Por último, puede tener tres estados: “comprar”, “vender”, “no hacer nada”. Para el caso del comprador, la función de utilidad es la siguiente:

$$U_i(v_i, p^*) = \begin{cases} v_i - p^* - c_i & \text{si } v_i \geq p_i^{max} \wedge v_i > p^*, \\ -c_i & \text{si } v_i \geq p_i^{max} \wedge v_i < p^*, \\ 0 & \text{si } v_i \in [p_i^{min}, p_i^{max}] \end{cases}$$

Donde v_i es la valoración que el agente i posee sobre el bien, $[p_i^{min}, p_i^{max}]$ es el rango de conjeturas que posee el agente i , c_i es el costo de acceder al mercado (que se ha supuesto simétrico) y p^* es el precio propuesto por el vendedor. El primer caso implica que cuando la valoración del agente es mayor que el precio máximo de la conjetura de posibles precios es, el individuo ingresa al mercado paga el precio que efectivamente se efectivizó para el bien y obtiene una utilidad positiva. El segundo caso está asociado al momento en el cual el agente subestima el precio de mercado, ingresa al mercado como comprador, pero ninguno de los precios de venta satisface su conjetura. El último caso versa sobre la falta de información

⁵También se realizó la simulación para el caso en el cual los individuos no tienen restricciones en las dotaciones, es decir, son capaces de vender tanto bienes como los oferentes se encuentren interesados en comprar. Bajo esta circunstancia se encuentra una fuerte concentración de la oferta en aquellos individuos que logran apropiarse primero de una buena reputación, generando mercados monopolísticos u oligopólicos que concentran la oferta y obtienen los niveles más altos de utilidad. Los resultados no se analizarán porque implicaría hacer supuestos importantes sobre el nivel de producción, como por ejemplo que es perfectamente flexible. Se considera que la restricción en la dotación (dada la economía de intercambio) se puede asociar mejor a una economía productiva con límites estructurales. En todo caso, el modelo a probar, podría ser permitiendo un número mayor que uno, pero menor a infinito.

suficiente para que el agente se defina como comprador, prefiriendo esperar hasta obtener información más conclusiva. Mientras que para el vendedor:

$$U_i(v_i, p_i) = \begin{cases} p_i - c_i & \text{si } v_i < p_i^{\min} \wedge v_j < p_i, \\ -c_i & \text{si } v_i < p_i^{\min} \wedge v_j > p_i, \\ 0 & \text{si } v_i \in [p_i^{\min}, p_i^{\max}] \end{cases}$$

Donde v_i es la valoración que el agente i posee sobre el bien, $[p_i^{\min}, p_i^{\max}]$ es el rango de conjeturas que posee el agente i , c_i es el costo de acceder al mercado (que se ha supuesto simétrico) y p_i es el precio al que propone vender su bien y v_j la valoración del comprador. La interpretación de la función de utilidad es similar a la del comprador, detallada en el párrafo anterior.

En la parte principal del algoritmo, se procesan las decisiones e interacciones que se producen entre los agentes ($N=10$) en cada una de las etapas propuestas, que se integran en un ciclo que denominamos día. El algoritmo computa los precios y las utilidades de cada uno de los agentes tras una determinada cantidad de **días**(30), y a su vez, cada uno de estas simulaciones se repite una determinada (**repeticiones** = 100) cantidad de veces, lo que nos permite analizar la distribución de los resultados. Las variables mencionadas son inicializadas al comienzo del algoritmo, conjuntamente con el **costo** (1) de acceso al mercado, así como también los espacios de distribución de precios (**espacio_precios**=50) y preferencias (**espacios_preferencias**=100).

- c) Cada agente tiene una preferencia como comprador sobre con qué vendedor realizar transacción (suponemos que si el kiosko favorito del agente está abierto, no hay motivos para probar otro lugar), que se actualiza a partir de las transacciones exitosas y los fracasos, y funciona como una lógica de reputación de los vendedores. De esta manera, los vectores de utilidades y preferencias muestra un elemento indispensable para el proceso de intercambio dado que los vectores, dado que el vector de preferencias almacena el *ranking* de reputación que cada individuo arma sobre los vendedores⁶.

Timing

El algoritmo se repite una cantidad T de días. Cada día consta de tres etapas. Teniendo la tercer etapa (Intercambio), tres subetapas.

1. CONVERSACIÓN (basado en "Naming game")

Aquí cada uno de los agentes escoge otro agente al azar y actualiza la conjetura sobre los precios mínimos y máximos⁷. Ambos escenarios se detallan a través de la explicación de la siguiente imagen:

Existe una intersección entre los intervalos: los agentes acuerdan que dicha intersección es el intervalo de precios que más se ajusta al mercado. Sean i y j dos individuos que tienen conjeturas de p^{\min} y p^{\max} y los valores \hat{p} corresponden a los valores de la conjetura después de la conversación, así:

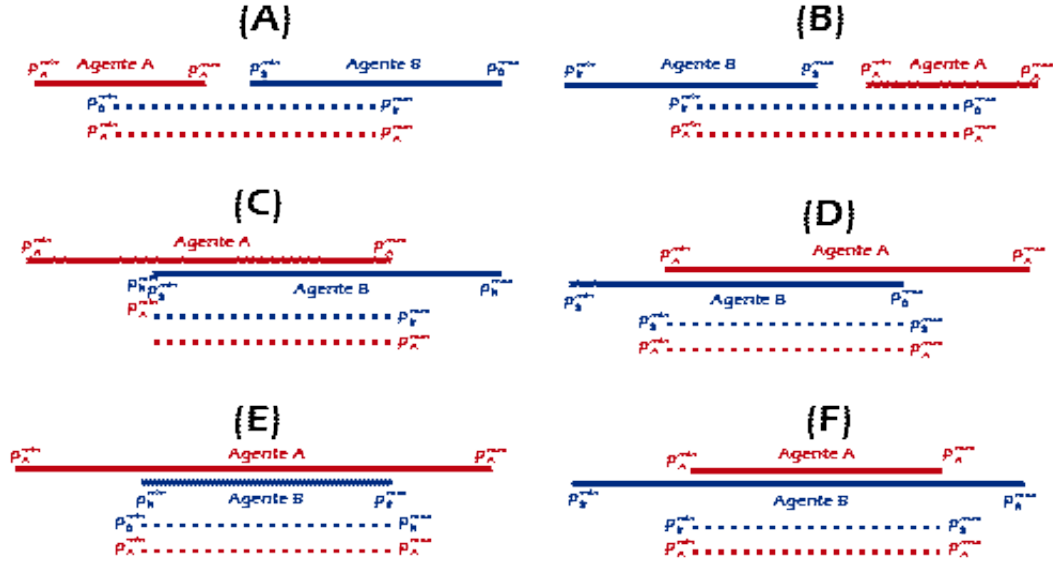
$$\text{Si } [p_i^{\min}, p_i^{\max}] \cap [p_j^{\min}, p_j^{\max}] \neq \emptyset \rightarrow [\hat{p}_i^{\min}, \hat{p}_i^{\max}] = [\hat{p}_j^{\min}, \hat{p}_j^{\max}] = [p_i^{\min}, p_i^{\max}] \cap [p_j^{\min}, p_j^{\max}]$$

En la figura correspondiente a Intervalos de precios, se corresponde con los casos (C), (D), (E) y (F). En los casos (C) y (D), los agentes encuentran en las conjeturas del otro un punto

⁶En el campo de Economía Conductual, este tipo de comportamiento de los agentes se corresponde con un sesgo basado en inferencias muestrales. Particularmente, el estudio de las decisiones estratégicas que llevan adelante las empresas para aprovecharse de este sesgo muestral se denomina *Obfuscation* (oscurecimiento), al respecto se puede consultar Spiegler (2014) y Spiegler (2006). En este apartado, no se analizarán desarrollos de este tipo, sólo se considerará que las agentes tienen ese sesgo, pero no las acciones estratégicas que puedan llevar adelante las firmas para sacar provecho.

⁷En esta instancia se considera que los agentes discuten sobre precios y no sobre valoraciones, porque los precios tienen magnitudes sujetas a discusión, mientras que las valoraciones si bien son inherentes a los agentes subyacen en un espacio más profundo de la subjetividad. Kahneman (2012) en la página 138 describe un experimento realizado en Alemania, en el cual se le pregunta a los participantes respecto de su nivel de felicidad asociado al número de citas que ha tenido en el mes, y la conclusión del experimento muestra la no independencia en el orden de las preguntas. Lo cual permitiría argumentar que no existen posiciones determinantes en las valoraciones subjetivas. Es probable que los agentes vayan aprendiendo cual es su verdadera valoración de un mismo bien.

Figura 1: Intervalos de precios



de referencia creíble que le permite actualizar sus propias expectativas. De esta manera, la nueva conjetura de compromiso resulta de la intersección de ambos intervalos. Por último, los casos (E) y (F) son un caso especial de (C) y (D), en tanto uno de los intervalos contiene al otro y, por lo tanto, ambos agentes encuentran dos puntos de referencia creíbles que permiten que uno de los agentes mantenga sus expectativas iniciales y sea imitado directamente por el segundo agente.

No existe una intersección entre los individuos: los agentes acuerdan que ambos tienen conjeturas muy extremas, y acuerdan un intervalo del tipo $(\min\{p^{max}\}, \max\{p^{min}\})$. Este comportamiento de aprendizaje no es perfectamente flexible, es decir, si bien ambos se percatan que tienen preferencias extremas, actualizan sus conjeturas sujetos a los valores de referencia⁸ que tenían en la conjetura inicial. En los casos (A) y (B), los agentes poseen conjeturas significativamente diferentes, por lo que optan por una solución de compromiso, en las cuales cada uno de ellos descartan las posiciones más extremas de las conjeturas y hacen foco en la media de sus conjeturas. De esta manera el precio mínimo y máximo de las expectativas de compromiso se corresponden con la mínima y máxima media, respectivamente⁹.

$$\text{Si } [p_i^{min}, p_i^{max}] \cap [p_j^{min}, p_j^{max}] = \emptyset \wedge p_i^{max} < p_j^{min}$$

$$\rightarrow [\hat{p}_i^{min}, \hat{p}_i^{max}] = [\hat{p}_j^{min}, \hat{p}_j^{max}] = [E(p_i), E(p_j)] \text{ Donde } E(.) \text{ es la esperanza matemática.}$$

En esta etapa, cada agente adopta un rol activo al menos una vez por día, lo que nos asegura que no haya nadie que no reciba información para actualizar sus conjeturas. Sin embargo, el componente azaroso en el rol pasivo, que es aquel que escucha y responde en la conversación, permite que algunos agentes, en un mismo día, interactúen más veces que otros. Por este motivo, el algoritmo merece un análisis estocástico de al menos cien repeticiones para extraer conclusiones. Por otra parte, este mecanismo de conversación es el que garantiza el proceso de convergencia a un único precio, en tanto que, una vez que un precio extremo (precios muy bajos o precios muy altos) desaparece de las conjeturas que tienen los agentes sobre

⁸Kahneman and Tversky (1974) argumentan a través de su teoría de las perspectivas que el rol del punto de referencia es clave, resultado que presenta un fuerte contraste con la teoría de utilidad esperada, en el que las elecciones sólo dependen de las probabilidades esperadas de los estados finales. Un artículo que presenta avances formales respecto a esto es el de Kőszegi and Rabin (2006)

⁹Supongamos que tenemos dos individuos, el primer con un rango de precios $[1,5]$ y el segundo $[6,10]$, así, cada uno de ellos toma su valor medio del rango y los consideran como p^{min} y p^{max} , en este caso ambos agentes actualizarían su conjetura de precios en el rango $[3,8]$.

los precios de mercado, lo hace definitivamente. Este mecanismo garantiza que el precio de equilibrio se acerque cada vez más a la mediana de valoraciones.

2. DECISIÓN:

Tras la etapa de conversaciones, cada agente está en condiciones de definir su rol en el mercado. Para evitar complejizar innecesariamente el modelo, se supone que los agentes no tienen restricciones ni fricciones para ofrecer el bien, por lo que pueden ofrecerlo el día que tienen mejores condiciones como vendedores que como consumidores. A su vez, si consideran que no tienen información suficiente para tomar una decisión, pueden optar por esperar un día más y una nueva ronda de conversaciones.

Si la valoración del agente es mayor o igual al precio máximo que él espera que se de en el mercado, el agente decide que su mejor opción es comprar otro bien. Dado que la demanda es del tipo TIOLI (take it or leave it), i se define como comprador (conjunto C): $i \in C \longleftrightarrow v_i > p_i^{max}$.

De la misma manera, si la valoración del agente es menor al precio mínimo esperado, define que su mejor opción es la de vender el bien. Así, j se define como vendedor (conjunto S): $j \in S \longleftrightarrow v_j < p_j^{min}$. En este punto, además, debe escoger dentro del intervalos de precios posibles cuál será la mejor opción para obtener una ganancia. A fin de simplificar el modelo, se supuso que el vendedor escoge la media de su conjetura.

Por último, si la valoración del agente pertenece al intervalo de conjetura, carece de incentivos, tanto para la compra, como para la venta. En este sentido, su mejor opción será esperar un día más, privilegiando los mecanismos de aprendizaje sin costos que provee la etapa de conversaciones a los mecanismos de aprendizaje costosos del intercambio. El resultado final de esta etapa es la determinación de un vector de demandantes y precios de demanda, por un lado, y de un vector de oferentes y precios de oferta, por el otro.

3. INTERCAMBIO

En esta etapa se producen los intercambios entre oferentes y demandantes, así como también se realizan las mercancías, se actualizan las conjeturas sobre los precios mínimos y máximos y se adquiere un conocimiento más acabado sobre el funcionamiento del mercado. Como se mencionó anteriormente, esta etapa es costosa, y, por lo tanto, no todos los agentes están deseosos de participar de los intercambios si no tienen información previa que justifique la posibilidad de conseguir mayores niveles de utilidad. Esta etapa, consecuentemente consta de una serie de sub-etapas que procederemos a describir someramente:

Matching

Aquí, cada uno de los demandantes, si hay al menos un oferente, decide a quién comprarle en función de su experiencia previa dentro del mercado, que se formaliza a partir de un *ranking* de preferencias. Es decir, mientras que los compradores no concurren a un oferente con un precio tan alto que no se realiza la transacción, seguirán frecuentando el mismo lugar, siempre y cuando el mismo mantenga su rol de vendedor, y no opte por un cambio de posición en el mercado. En otras palabras, los agentes privilegian la explotación de situaciones favorables a la exploración de nuevas alternativas. Si para un agente, hay más de un vendedor que tiene el mismo *ranking*, el comprador escogerá entre ellos al azar con una distribución uniforme. Lo que se observa es que, durante los primeros días, este factor aleatorio y el hecho que los agentes pueden no ofrecer permanentemente¹⁰, los agentes exploran un pequeño conjunto de alternativas y no se quedan necesariamente con el primer afortunado. Como se mencionara, la exploración de nuevos precios de mercado se da únicamente cuando el comprador ve frustradas sus expectativas frente a determinado vendedor, en cuyo caso concurre al siguiente vendedor de su lista, sin incurrir en un nuevo costo (una vez que el agente accede al mercado ha pagado todos los costos necesarios para realizar cualquier interacción en el mismo).

Intercambio

Hasta este momento, los vendedores no conocen el precio de demanda de los demás agentes, así como tampoco los compradores conocen el precio de venta de los demás. Sólo cuando la

¹⁰El oferente puede haber optado por dejar de ser vendedor o puede haber establecido un vínculo transaccional con otro demandante.

relación de intercambio se ha establecido, es decir, cuando el comprador concurre al local de vendedor, estos valores se conocen.

Aquí, si el precio propuesto por el vendedor es menor o igual al máximo precio esperado por el comprador se produce el intercambio, esto es así y no mientras el precio efectivo sea menor a la valoración del comprador porque este último considera que el precio máximo esperado es el valor más alto que puede pagar por un intercambio justo (dado su conocimiento de mercado a través de la etapa de conversación)¹¹.

Dado un intercambio positivo, el vendedor aprende que precios menores al que se realizó la transacción no le convienen, por lo que actualiza su precio mínimo, el conjunto $P_j = [p_j, p_j^{max}]$ donde p_j es el precio efectivo que se dio en el mercado. El comprador aprende que precios mayores al que compró tendrían la intención de apropiarse de su excedente, y como se pudo observar con anterioridad, ante esta situación actualiza la conjetura sobre su precio máximo¹², el conjunto $P_i = [p_i^{min}, p_j]$ donde p_j es el precio efectivo que se dio en ese momento.

En cambio, cuando el precio propuesto por el vendedor es mayor al máximo precio esperado por el comprador el intercambio no se realiza. Sin embargo, esta situación aún garantiza a los agentes información valiosa para actualizar sus conjeturas. De tal manera, el vendedor tiene la posibilidad de preguntar al cliente con qué expectativas había concurrido al local, y actualizar su precio mínimo a la baja. Consecuentemente, el comprador, al ver el precio de venta, actualiza su precio máximo hacia el alza, en tanto considera que sus expectativas pueden haber sido excesivamente optimistas y que vale la pena volver a confrontarlas en la ronda de conversaciones.

Actualización de Preferencias

Un intercambio exitoso además genera un aumento en la preferencia del comprador por concurrir al local del vendedor, el cual está correlacionado por la diferencia que existe entre el precio esperado y el precio de venta. En cambio, un intercambio infructuoso es computado mediante una caída en la preferencia por el vendedor. En todos los casos hemos supuesto una magnitud unitaria en las variaciones, pero pueden explorarse otras situaciones a modo de chequear la robustez de los resultados.

Benchmark

En este apartado se presenta el desarrollo de un modelo que podría ser considerado como el *Benchmark* para el modelo propuesto en el trabajo. Partiendo del resultado propuesto por Myerson (1979) en el cual si existe un mecanismo en el cual la función de resultados particular $y(\cdot)$ puede ser implementada por el diseñador, entonces, existe un mecanismo directo de revelación en el cual se implementa $y(\cdot)$ como parte de un equilibrio donde los agentes revelan su verdadera información, se puede asegurar que la Subasta de Segundo Precio es un mecanismo coherente para proponerlo como punto de referencia. Este modelo de Subastas de Segundo Precio con múltiples bienes, es un mecanismo particular de la familia de mecanismos Vickrey-Groves-Clarke (VCG) que cumplen lo mencionado.

En el modelo presentado se considera una totalidad de N agentes, por lo tanto se considera $N/2$ agentes en cada grupo. Es decir, $N/2$ individuos son vendedores, y los restantes compradores. Los individuos que deciden comprar el bien son los $N/2$ que más valoran el bien, ya que perciben una utilidad mayor de la compra del bien, que del pago que les implica pagarlo. Mientras que los vendedores se considera a aquellos $N/2$ que tienen la menor valoración del bien, y perciben una utilidad mayor por el pago que reciben.

De este modo, para una totalidad de 10 agentes, hay 5 compradores y 5 vendedores. Así, el bien se vende a la sexta mayor valoración (dado que los 5 que más valoran el bien se definen como compradores), la sexta mayor valoración corresponde con la segunda valoración más alta a la que

¹¹Esta idea está asociada con equilibrios psicológicos, en los cuales los agentes están interesados en los motivos detrás de la acción del otro jugador. Si advierten que la actitud es engañosa ellos prefieren ser dañinos (en este caso, no comprar a pesar de que le otorga utilidad positiva). Un artículo que analiza este tipo de comportamiento es el de Rabin (1993)

¹²En caso que el precio de compra sea menor al precio mínimo esperado por el comprador, el agente además actualizará este valor, que contemplará la excelente transacción que logró realizar.

el último de ellos compraría. A continuación, se presentan en los resultados tanto del *Benchmark* como del modelo propuesto.

Simulación de resultados

Como fuera mencionado en la sección del modelo, la simulación se desarrolló para un total de 10 agentes, durante 30 días, repitiendo el procedimiento 100 veces. Dicho procedimiento se llevó adelante para 10 condiciones iniciales diferentes (distinta valoración fija para cada uno de los agentes) que de ahora en adelante se denominará caso. Como se detalla a continuación, las condiciones iniciales son determinantes en la trayectoria de equilibrio dado que definen condiciones diferentes a la hora de interactuar en el mercado.

Para cada uno de los días el agente lleva adelante los pasos establecidos en el modelo actualizando de a poco sus conjeturas de precios, tanto en la etapa de conversación como a través del proceso de aprendizaje del mercado. En tanto que cada repetición implica condiciones iniciales nuevas, es decir, valores nuevos de conjeturas de precios.

En la Tabla 1 se presentan las condiciones iniciales de valoración para las cuales se realizaron los ejercicios de simulación del modelo presentado y del *Benchmark* que corresponde a la subasta de $N/2$ precios. La Tabla 1 está ordenada de mayor a menor de acuerdo a la valoración de los agentes, y se resalta en negrita la valoración del agente que determina, en *Benchmark*, el precio de intercambio, que como es trivial observar siempre se encuentra en el sexto lugar. En La Tabla X se puede observar que en cada caso hay una distribución distinta de los valores.

Tabla 1

Caso 1			Caso 2		
Agente	Valoración	Utilidad Benchmark	Agente	Valoración	Utilidad Benchmark
6	50	690	4	49	870
4	49	660	10	47	810
5	42	450	5	40	600
10	39	360	6	29	270
8	35	240	9	26	180
7	27	0	7	20	0
9	17	300	2	18	60
2	16	330	8	11	270
3	8	570	3	6	420
1	2	750	1	3	510
Caso 3			Caso 4		
Agente	Valoración	Utilidad Benchmark	Agente	Valoración	Utilidad Benchmark
1	45	600	10	42	810
7	45	600	1	37	660
5	44	570	9	34	570
4	32	210	7	29	420
6	29	120	5	22	210
9	25	0	8	15	0
8	24	30	6	12	90
2	15	300	4	7	240
3	9	480	2	2	390
10	1	720	3	1	420

Tabla 1: continuación

Caso 5				Caso 6			
Agente	Valoración	Utilidad	Benchmark	Agente	Valoración	Utilidad	Benchmark
5	45		750	9	39		510
8	45		750	7	38		480
7	36		480	8	35		390
6	30		300	3	31		270
10	25		150	5	25		90
2	20		0	4	22		0
3	17		90	2	20		60
1	9		330	10	17		150
4	9		330	1	10		360
9	9		330	6	8		420
Caso 7				Caso 8			
Agente	Valoración	Utilidad	Benchmark	Agente	Valoración	Utilidad	Benchmark
1	50		810	1	29		300
4	48		750	3	29		300
3	42		570	7	29		300
7	36		390	5	26		210
5	26		90	4	24		150
10	23		0	6	19		0
8	22		30	9	19		0
6	13		300	8	17		60
2	2		630	2	15		120
9	1		660	10	10		270
Caso 9				Caso 10			
Agente	Valoración	Utilidad	Benchmark	Agente	Valoración	Utilidad	Benchmark
8	46		540	3	40		780
2	43		450	5	39		750
9	40		360	9	28		420
6	38		300	10	28		420
1	32		120	1	24		300
4	28		0	8	14		0
10	26		60	7	11		90
3	14		420	4	10		120
7	14		420	6	4		300
5	3		750	2	1		390

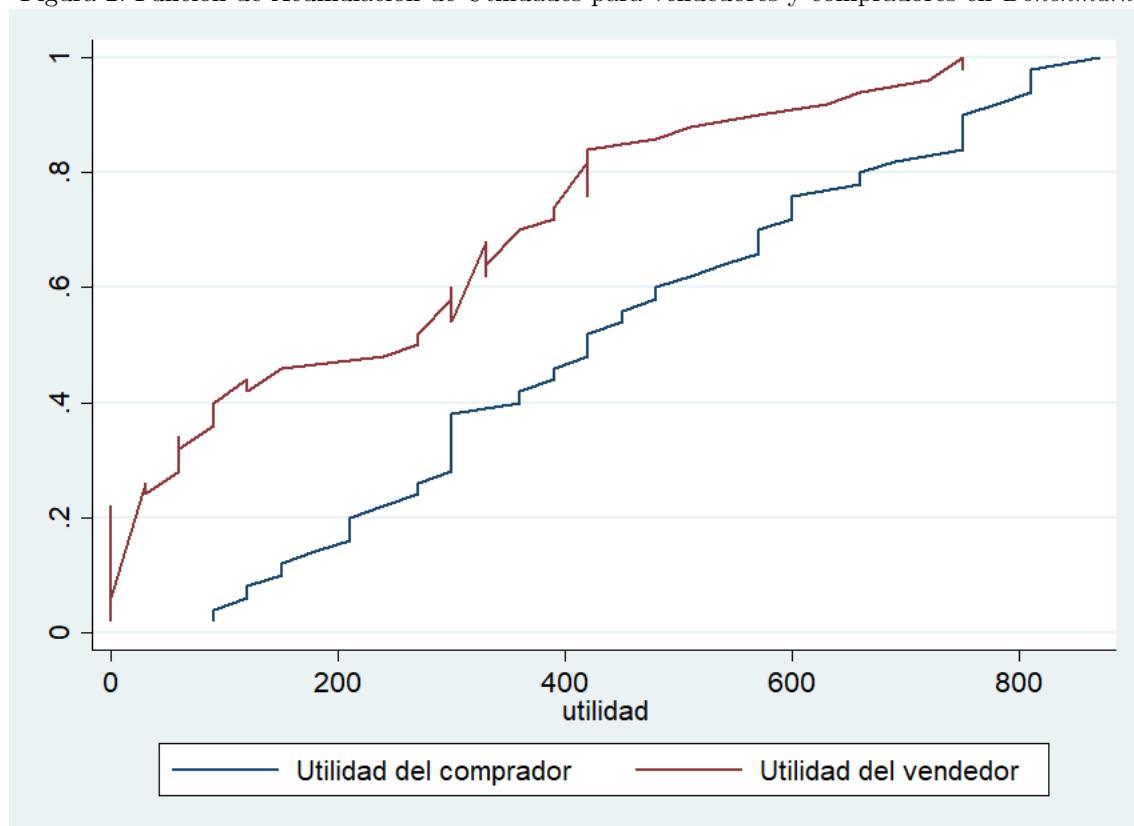
En la Tabla 2 se presentan las utilidades agregadas y promedio para cada caso inicial. El primer fenómeno a destacar es la pérdida de bienestar en la economía ante introducciones de sesgos cognitivos. Este resultado, se puede observar tanto para la utilidad agregada como para el promedio de utilidades, tanto para el total de los casos como para cada caso individual; en el modelo propuesto los agentes siempre obtienen menores niveles de utilidad.

Tabla 2

Benchmark				
Caso	Utilidad agregada total	Utilidad agregada comprador	Utilidad agregada vendedor	
1	4350	2400	1950	
2	3990	2730	1260	
3	3630	2100	1530	
4	3810	2670	1140	
5	3510	2430	1080	
6	2730	1740	990	
7	4230	2610	1620	
8	1710	1260	450	
9	3420	1770	1650	
10	3570	2670	900	
Total	34950	22380	12570	
Modelo				
Caso	Utilidad agregada total	Utilidad agregada comprador	Utilidad agregada vendedor	Utilidad agregada consumidor
1	3543.97	1672.76	1870.17	1.04
2	3112.27	1869.52	1242.48	0.27
3	2607.61	1345.09	1261.56	0.96
4	3055.28	1803.97	1250.76	0.55
5	2732.04	1635.28	1096.26	0.5
6	1927.34	1134.15	792.16	1.03
7	2947.62	1745.6	1200.3	1.72
8	1187.27	615.87	571.2	0.2
9	2549.88	1108.89	1439.68	1.31
10	2816.81	1667.46	1148.54	0.81
Total	26480.09	14598.59	11873.11	8.39
Benchmark				
Caso	Utilidad promedio total	Utilidad promedio comprador	Utilidad promedio vendedor	
1	435	480	390	
2	399	546	252	
3	363	420	306	
4	381	534	228	
5	351	486	216	
6	273	348	198	
7	423	522	324	
8	171	252	90	
9	342	354	330	
10	357	534	180	
Modelo				
	Utilidad promedio total	Utilidad promedio comprador	Utilidad promedio vendedor	Utilidad promedio consumidor
1	174.84	167.11	212.43	1.5
2	153.37	199.62	137.75	0.5
3	130.18	150.47	149.01	0.72
4	151.22	188.05	137.69	0.86
5	135.17	182.17	118.1	0.59
6	96.44	126.39	96.21	0.76
7	148.01	201.46	138.43	1.37
8	58.69	66.12	64.06	0.24
9	126.76	118.05	174.89	1.04
10	137.98	170.9	126.12	1.19

Como se puede observar, para los casos de *Benchmark*, siempre la utilidad agregada es mayor para compradores que para vendedores, y lo mismo ocurre con la utilidad promedio. Esto se debe a que uno de los vendedores en el caso de *Benchmark* es el individuo marginal, a cuya valoración se vende el bien en el mercado. De esta manera, su valoración determina el precio y este individuo siempre obtiene una utilidad nula. Por lo tanto, se puede observar que en este caso el hecho de tener una valoración más alta por el bien convierte a los individuos en compradores y, en promedio, en ganadores dado que estos obtienen una utilidad en promedio mayor que los vendedores. De esta manera, puede asegurarse que para cada nivel de utilidad la Función de Acumulación de la utilidad de los compradores estará por debajo de la de los vendedores y, por lo tanto, hay Dominancia Estocástica de Primer Orden (DEPO), como se observa en la Figura 2.

Figura 2: Función de Acumulación de Utilidades para vendedores y compradores en *Benchmark*

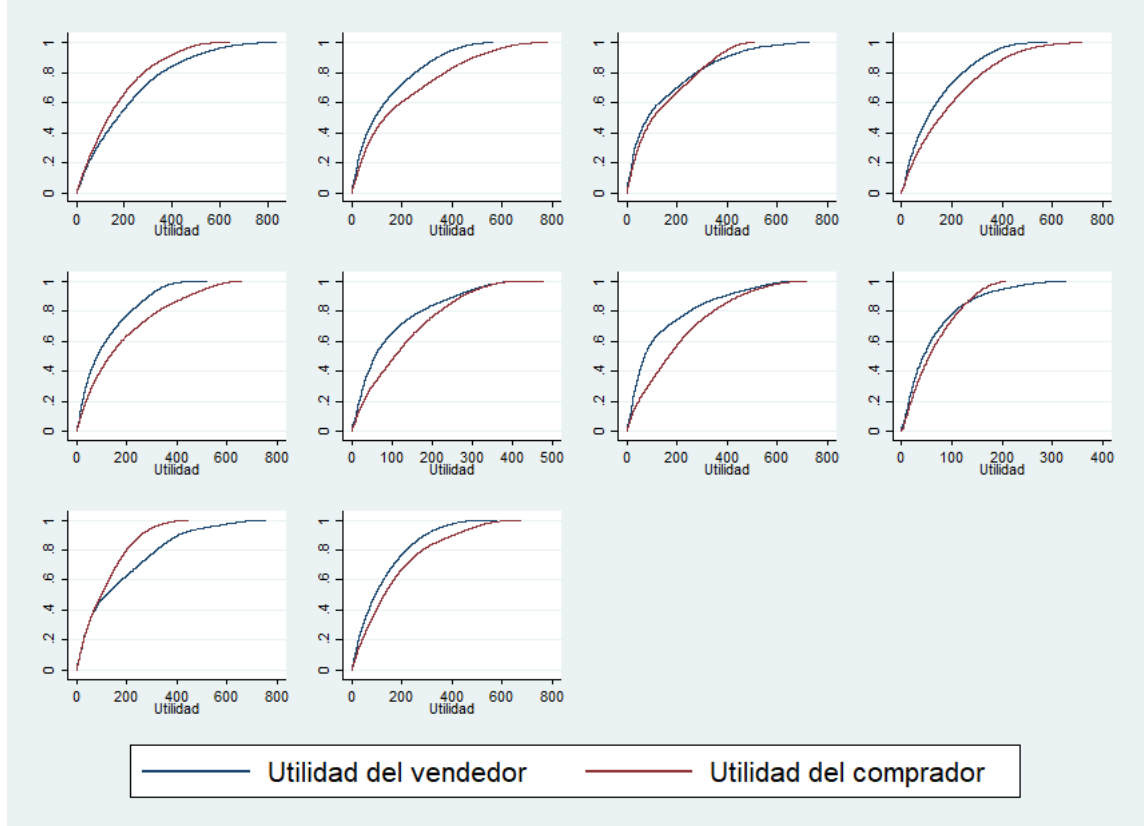


A diferencia de lo mencionado para el *Benchmark*, en el modelo no se observa que ni la utilidad agregada ni la promedio, sea siempre mayor para compradores que para vendedores. En la Tabla 2 se observa que para los casos 1 y 9 la utilidad del vendedor supera a la del comprador, tanto la agregada como la promedio. Además, para los casos 3 y 8 las utilidades promedios tienen valores muy cercanos, esto tendrá consecuencias posteriores en el análisis de la distribución de utilidades. Lo cual podrá observarse en la Figura 3 que es un gráfico de múltiples paneles en el que se presenta, al igual que en la Figura 2, la función de distribución acumulada de las utilidades para cada caso.

Esta ausencia de dominancia en todos los casos, a diferencia del *Benchmark*, se produce porque los sesgos cognitivos introducen efectos aleatorios en las asignaciones que les permiten a los agentes cambiar de estado, es decir, no ser siempre compradores o vendedores. Este sesgo brinda la posibilidad de arbitrar en el mercado - en especial a aquellos individuos que tienen una valoración muy cercana al precio, que en promedio, se suele intercambiar el bien- a través del cambio de estado según le resulte conveniente¹³. La Tabla 3 muestra este resultado, de hecho deja en claro que incluso

¹³Los cambios de estados pueden ser de tres tipos: de vendedor a comprador o a consumidor, de comprador a vendedor o a consumidor, y de consumidor a comprador o a vendedor.

Figura 3: Función de Acumulación de Utilidades para cada caso en el modelo propuesto



los agentes extremos (comprador de mayor valoración y vendedor de menor valoración) en algunas circunstancias no ingresan al mercado.

Un aspecto interesante a destacar es que, a excepción del caso 9, todos los individuos individualmente (menos un individuo particular) obtienen utilidades menores que en el caso de *Benchmark*. Los casos extremos, como mejor vendedor (el vendedor cuya valoración sobre el bien es la más baja), como el mejor comprador (el comprador con valoración más alta) obtienen utilidades menores que en *Benchmark*, es decir, no pueden apropiarse de los beneficios que implican los sesgos en los otros agentes. No obstante, el individuo cuya valoración era considerada el precio de intercambio en la subasta es el único que obtiene para todos los casos una utilidad mayor que en el *Benchmark*. Este consigue una utilidad positiva en este caso, mientras que en el caso anterior obtendría siempre una utilidad nula. En la Tabla 3 se presenta en **negrita** el individuo marginal.

Tabla 3

Agente	Caso 1				Utilidad agregada
	Cantidad de veces comprador	Cantidad de veces vendedor	Cantidad de veces consumidor		
1	0	2957	43		325
2	0	2881	119		157
3	0	2938	62		270
4	2953	0	47		242
5	2917	0	83		151
6	2952	0	48		255
7	453	1300	1247		24
8	2709	4	287		63
9	1	2889	110		148
10	2896	1	103		114

Agente	Caso 2				Utilidad agregada
	Cantidad de veces comprador	Cantidad de veces vendedor	Cantidad de veces consumidor		
1	0	2966	34		180
2	7	2529	464		50
3	0	2931	69		207
4	2958	0	42		324
5	2920	0	80		206
6	2785	1	214		64
7	161	1885	954		29
8	0	2924	76		146
9	2082	61	857		29
10	2953	0	47		300

Agente	Caso 3				Utilidad agregada
	Cantidad de veces comprador	Cantidad de veces vendedor	Cantidad de veces consumidor		
1	2930	0	70		208
2	0	2920	80		147
3	0	2953	47		227
4	2742	4	254		45
5	2926	0	74		194
6	1631	102	1267		14
7	2939	0	61		211
8	81	2083	836		29
9	155	1626	1219		20
10	0	2966	34		206

Tabla 3: continuación

Caso 4				
Agente	Cantidad de veces comprador	Cantidad de veces vendedor	Cantidad de veces consumidor	Utilidad agregada
1	2950	0	50	231
2	0	2955	45	204
3	0	2958	42	174
4	0	2911	89	140
5	2337	61	602	38
6	5	2667	328	68
7	2895	1	104	125
8	166	1907	927	32
9	2944	0	56	197
10	2961	0	39	303
Caso 5				
Agente	Cantidad de veces comprador	Cantidad de veces vendedor	Cantidad de veces consumidor	Utilidad agregada
1	0	2922	78	176
2	124	2096	780	31
3	6	2742	252	70
4	0	2926	74	166
5	2953	0	47	282
6	2795	4	201	74
7	2903	0	97	153
8	2957	0	43	282
9	0	2940	60	98
10	1582	146	1272	18
Caso 6				
Agente	Cantidad de veces comprador	Cantidad de veces vendedor	Cantidad de veces consumidor	Utilidad agregada
1	0	2939	61	166
2	9	2311	680	31
3	2883	3	114	78
4	149	1185	1666	11
5	1584	45	1371	12
6	0	2961	39	116
7	2952	0	48	168
8	2933	0	67	129
9	2949	0	51	181
10	0	2914	86	74
Caso 7				
Agente	Cantidad de veces comprador	Cantidad de veces vendedor	Cantidad de veces consumidor	Utilidad agregada
1	2941	0	59	296
2	0	2943	57	248
3	2910	0	90	187
4	2956	0	44	265
5	1040	553	1407	15
6	2	2885	113	158
7	2867	2	131	113
8	67	2130	803	35
9	0	2956	44	138
10	163	1728	1109	25

Tabla 3: continuación

Caso 8				
Agente	Cantidad de veces comprador	Cantidad de veces vendedor	Cantidad de veces consumidor	Utilidad agregada
1	2925	0	75	81
2	0	2934	66	77
3	2927	0	73	82
4	2170	29	801	17
5	2836	1	163	41
6	2	2182	816	23
7	2935	0	65	83
8	0	2907	93	50
9	0	2211	789	23
10	0	2970	30	111
Caso 9				
Agente	Cantidad de veces comprador	Cantidad de veces vendedor	Cantidad de veces consumidor	Utilidad agregada
1	2166	105	729	21
2	2925	0	75	145
3	0	2927	73	202
4	172	1114	1714	13
5	0	2960	40	275
6	2873	2	125	85
7	0	2927	73	191
8	2970	0	30	189
9	2932	0	68	113
10	7	2207	786	32
Caso 10				
Agente	Cantidad de veces comprador	Cantidad de veces vendedor	Cantidad de veces consumidor	Utilidad agregada
1	2590	78	332	63
2	0	2969	31	186
3	2946	0	54	272
4	0	2775	225	87
5	2939	0	61	258
6	0	2949	51	168
7	1	2655	344	77
8	198	1911	891	43
9	2844	0	156	113
10	2845	0	155	112

Es importante destacar que los resultados del modelo describen mecanismos de asignación de acuerdo a un mecanismo de convergencia determinado en precios, tanto a través de los mecanismos de conversación como de los de mercado. Si bien podría considerarse una buena estimación del precio de mercado en promedio, en donde el precio de intercambio promedio no se aleja considerablemente del precio de intercambio de *Benchmark* (en promedio un 12%), lo cual puede observarse en la Tabla 4, tanto en esta última como en la Figura 3 se puede apreciar que en 5 oportunidades el precio de intercambio de *Benchmark* se encuentra afuera de un intervalo de un desvío respecto de la media.

En la Figura 4 se encuentra la función de distribución acumulada de los casos 1 y 9, para los cuáles los vendedores acumulan mayor utilidad y los casos 3 y 8, en donde no hay dominancia entre vendedores y compradores. Mientras que en la Figura 5, se presentan los casos 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 10 para los cuales los compradores obtienen mayor utilidad. En todos los gráficos se presentan 4 líneas verticales, la verde indica el precio de intercambio de *Benchmark*, la naranja el precio de intercambio promedio y las líneas rojas contienen un desvío estándar respecto a la media. Como puede observarse el precio de *Benchmark* siempre se encuentra por debajo del precio de intercambio promedio. No se presentó gráficamente la mediana, ya que en la Tabla 4 se puede observar que está lo suficientemente cerca de la media, lo cual permitiría afirmar que la distribución de precios de intercambio para el modelo postulado es casi simétrica.

Tabla 4

Caso	Valoración promedio	Precio de Intercambio Benchmark	Precio de Intercambio (Promedio)	Precio de Intercambio (Desviación estándar)	Precio de Intercambio (Mediana)
1	28.50	27	28.44	3.29	29
2	24.90	20	22.61	2.51	23
3	26.90	25	26.97	2.08	27
4	20.10	15	17.96	2.74	18
5	24.50	20	22.94	2.29	23
6	24.50	22	23.21	1.75	23
7	26.30	23	25.46	2.90	25
8	21.70	19	21.62	1.31	22
9	28.40	28	29.39	2.10	29
10	19.90	14	17.79	3.41	18

Finalmente, en la Tabla 5 se presentan las diferencias entre la valoración promedio y el precio de intercambio para el *Benchmark* y para el modelo, lo cual permite destacar que estas últimas se reducen considerablemente respecto a las de *Benchmark*. Esto produce necesariamente una disminución en el bienestar de los compradores que, particularmente, son los que tienen valoraciones mayores. Por lo tanto, un incremento en el precio de intercambio los perjudica. Por otro lado, esto favorece relativamente¹⁴ a los vendedores que tienen mejores condiciones de venta sobre sus bienes. Este incremento del precio de intercambio tiene este efecto porque su crecimiento los despega de la valoración del peor vendedor, permitiéndole a este último ingresar al mercado a veces como vendedor, otras veces como comprador o no ingresar al mercado. *A priori*, ese crecimiento de precio le da a este último una utilidad positiva, pero a la vez favorece a todos los demás vendedores, cuya distancia al precio de intercambio ahora crece.

¹⁴Cabe recordar que la comparación es relativa, porque en términos absolutos la utilidad agregada disminuyó para cada grupo.

Figura 4: Función de distribución Acumulado de precios de Intercambio para los casos 1, 9, 3 y 8

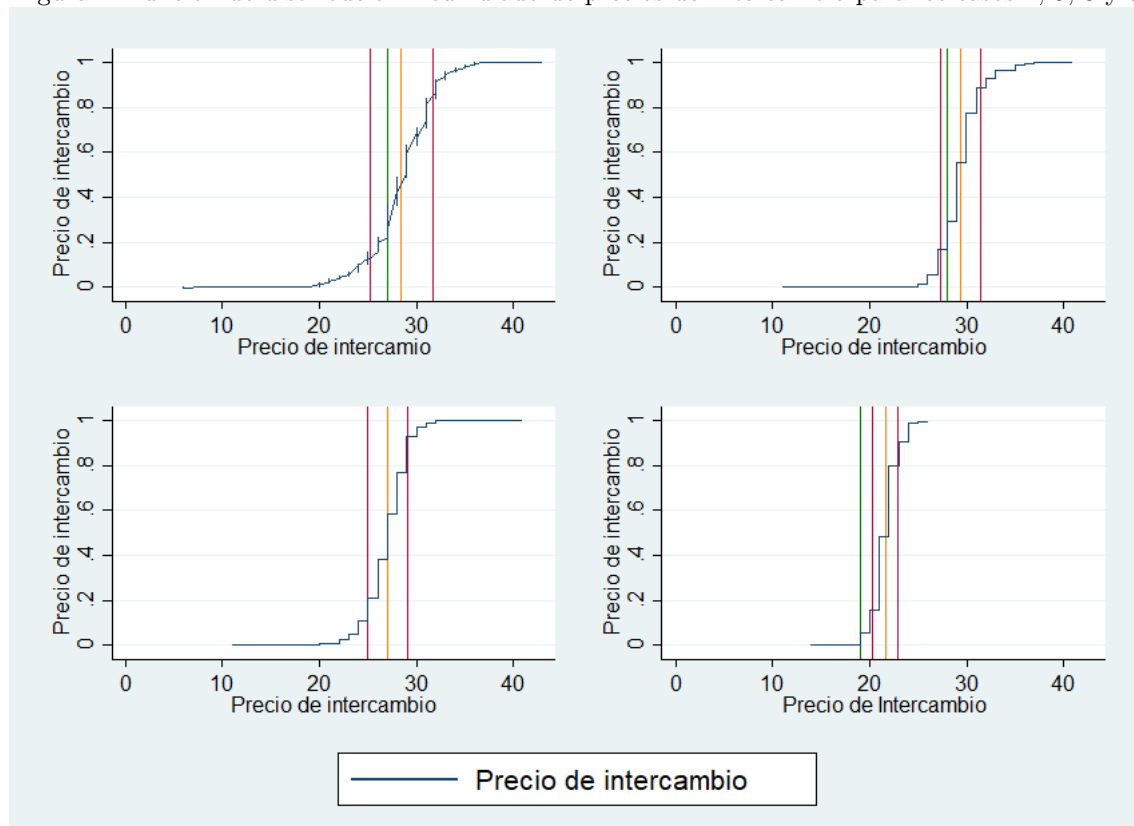


Figura 5: Función de distribución Acumulado de precios de Intercambio para los demás casos

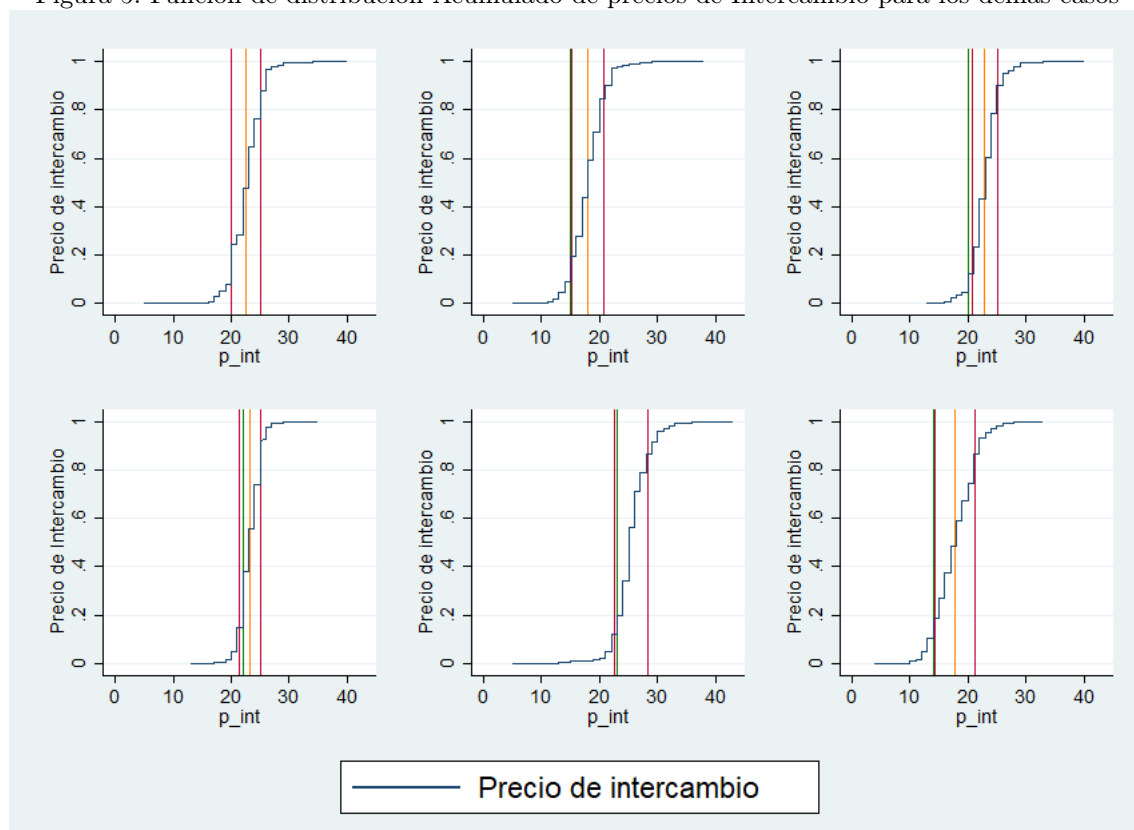


Tabla 5

Agente	Diferencia entre valoración promedio y precio de Benchmark	Diferencia entre valoración promedio y precio promedio de intercambio	Participación de los compradores en la utilidad total en Benchmark	Participación de los vendedores en la utilidad total en el modelo
1	1.50	0.06	0.45	0.53
2	4.90	2.29	0.32	0.40
3	1.90	-0.07	0.42	0.48
4	5.10	2.14	0.30	0.41
5	4.50	1.56	0.31	0.40
6	2.50	1.29	0.36	0.41
7	3.30	0.84	0.38	0.41
8	2.70	0.08	0.26	0.48
9	0.40	-0.99	0.48	0.56
10	5.90	2.11	0.25	0.41

No obstante, no hay una conclusión clara de por qué en algunos casos los compradores siguen acumulando mayor utilidad, en otros los vendedores acumulan más, e incluso en algunos casos, hay casi una paridad entre ambos grupos. Se puede intuir, a partir de los datos de la Tabla 5, que los casos para los cuáles los compradores siguen dominando están asociados al hecho de que las condiciones iniciales de valoración les siguen dando una ventaja grande respecto a los vendedores. No obstante, se puede ver como su participación relativa en la utilidad disminuye considerablemente.

Por otro lado, los casos 1 y 9 muestran circunstancias en las cuales los vendedores dominan a los consumidores. Para el caso 9 es sencillo de ver, porque ahora la valoración promedio de los agentes es menor que el precio de intercambio, lo cual incentivaría más la venta que la compra de bienes. Mientras que para el caso 1, no es tan sencillo dado que la valoración promedio sigue siendo mayor que los precios de intercambio promedio. De hecho, si uno calcula directamente las utilidades agregadas de acuerdo a la diferencia entre las valoraciones y el precio de intercambio promedio, en realidad concluiría que el grupo de compradores acumula mayor utilidad, lo cual no sucede. Esto permite concluir, que el mecanismo de conversación de precios, así como también los sesgos generados por la cuestión reputacional en el mercado, tienen una incidencia no despreciable tanto en el precio como en el equilibrio del mercado; lo que lógicamente tiene implicancias distributivas. Finalmente, para los casos 3 y 8 los efectos están íntimamente emparentados con los casos 1 y 9, anteriormente mencionados.

En conclusión, la simulación del modelo permite ver principalmente tres efectos. En primer lugar, la pérdida de bienestar medida a través de la caída en la utilidad total de todos los individuos de la economía. En segundo lugar, la pérdida relativa de los consumidores respecto de los vendedores, que ante los sesgos cognitivos de los agentes (incluidos los propios) pueden arbitrar mínimamente en el mercado y generar mecanismos reputacionales que incrementen sus ventas y produzcan que el precio de mercado aumente. Finalmente, el individuo marginal (el peor vendedor) es el gran ganador, porque obtiene una utilidad positiva cuando en una subasta de $N/2$ precios tendría una utilidad nula; si bien esta utilidad es considerablemente pequeña respecto de la de los demás agentes, individualmente es un incremento infinito.

Conclusiones

Como se mencionara, los análisis sobre economías de intercambio simple consideran que los agentes tienen un conocimiento pleno sobre la información relevante del mercado, y se encuentra siempre disponible para el procesamiento de los agentes. Además, considera que no existen problemas de coordinación entre los agentes que eligen racionalmente lo que les permiten tomar decisiones óptimas con la información disponible. No obstante, en múltiples circunstancias estos agentes se encuentran limitados a conjuntos de información acotados y a reglas cognitivas que requieren comportamientos heurísticos.

Cuando los límites a los cuáles se enfrentan los agentes son informativos, los resultados a los que ha concluido la literatura se asocian a equilibrios sub óptimos de *Second Best*, en los cuáles aquellos individuos que tienen una mayor valoración obtienen beneficios mayores al comprar dado que el vendedor no puede diseñar un mecanismo que le permita separar perfectamente las valoraciones de los individuos. Este mecanismo, produce resultados de *Non distortion at the top* para los compradores, que implican el pago de una renta informativa a los individuos que se pueden apropiar de los beneficios de la información privada.

No obstante, cuando adicionalmente se le agregan límites cognitivos se observan algunas particularidades no triviales a destacar. En primer lugar, que a pesar de incorporar un aspecto que produce distorsiones respecto del mecanismos de asignación original, existe una trayectoria de equilibrio que deja a los individuos satisfechos ante los resultados del mercado. Dicho de otra manera, los agentes logran sortear las dificultades cognitivas e informativas y solucionar sus problemas de mercado transaccionalmente a través de intercambios. En segundo lugar, la trayectoria de equilibrio que genera las limitaciones cognitivas sumado a los problemas informativos tienen resultados diferentes a los mencionados sólo en los casos que hay límites de información. En esta trayectoria, existen también comportamientos distintos de los agentes en el mercado, especialmente del peor vendedor o individuo marginal.

Finalmente, se pueden destacar tres resultados que se desprenden del análisis mencionado. En primer lugar, se destaca la pérdida generalizada del bienestar medida a través de la disminución de la utilidad agregada y promedio para cada caso analizado. En segundo lugar, se destacan implicancias distributivas, cuando se considera el modelo de *Benchmark* los consumidores como agregado siempre tiene mayor utilidad que los vendedores, mientras que esto no necesariamente se corrobora para el modelo propuesto en este artículo. Se puede apreciar que cada caso depende de las valoraciones iniciales de los agentes y de la manera en la cuál se han desarrollado los mecanismos de convergencia en precios hacia el precio de intercambio. Por último, cabe destacar que a pesar de que en términos agregados los niveles de utilidad disminuyen tanto para cada grupo como en general, hay un individuo que siempre mejora su situación respecto al modelo *Benchmark*, el individuo marginal. Este último si bien obtiene utilidades positivas bajas en términos comparativos con otros agentes, en términos relativos con sí mismo obtienen un incremento infinito, porque pasa de obtener utilidad nula a utilidad positiva.

Como conclusión, el complemento de ambas restricciones a los agentes individuales producen, al menos de manera incipiente, resultados diferentes y significativos a los trabajados con anterioridad.

Apéndice

Código programado en Python

```

1
2 import random
3 import numpy as np
4 import pandas as pd
5 pd.options.mode.chained_assignment = None
6 In [3]:
7 def reset(_agentes, _N, _E):
8     aux = np.linspace(1, _N, num=_N, dtype=int)
9
10     ranking = pd.DataFrame(_E, index=aux, columns=aux)
11
12     _agentes["p_min"] = _agentes["valor"]
13     _agentes["p_max"] = _agentes["valor"]
14     _agentes["estado"] = "consumidor"
15     _agentes["utilidad"] = 0
16     _agentes = _agentes[["valor", "p_min", "p_max", "estado", "utilidad"]]
17
18     return ranking, _agentes
19 In [4]:
20 def inicializacion(_N, _P, _E):
21     aux = np.linspace(1, _N, num=_N, dtype=int)
22
23     agentes = pd.DataFrame(np.random.randint(1, _P+1, size=( _N, 1)), index=aux, columns
24                             =["valor"])
```

```

24     agentes.index.name = "AGENTE"
25
26     ranking, agentes = reset(agentes, _N, _E)
27
28     return ranking, agentes
29 In [5]:
30 def benchmark(_agentes, _N, _T):
31     aux = np.linspace(1, _N, num=_N, dtype=int)
32
33     _agentes.sort_values(by="valor", inplace=True, ascending=False)
34     precio = _agentes["valor"].iloc[_N//2]
35
36     matriz = pd.DataFrame(precio, index=_agentes.index, columns=["precio"])
37     matriz["valor"] = _agentes["valor"]
38     matriz["utilidad"] = abs(_agentes["valor"] - precio) * _T
39
40     matriz["estado"] = "comprador"
41     matriz = matriz.reset_index()
42     matriz.ix[matriz.index >= _N//2, "estado"] = "vendedor"
43     matriz = matriz.rename(columns={"index": "agente"})
44
45     return matriz
46 In [7]:
47 def actualizar_expectativas(_agentes, _habla, _escucha):
48
49     if _agentes.loc[_habla, "p_min"] >= _agentes.loc[_escucha, "p_max"]:
50         _agentes.loc[_escucha, "p_min"] = (_agentes.loc[_escucha, "p_min"] + _agentes
51         .loc[_escucha, "p_max"] + 1) // 2
52         _agentes.loc[_habla, "p_max"] = (_agentes.loc[_habla, "p_min"] + _agentes
53         .loc[_habla, "p_max"]) // 2
54         _agentes.loc[_habla, "p_min"] = _agentes.loc[_escucha, "p_min"]
55         _agentes.loc[_escucha, "p_max"] = _agentes.loc[_habla, "p_max"]
56     elif _agentes.loc[_habla, "p_max"] < _agentes.loc[_escucha, "p_min"]:
57         _agentes.loc[_habla, "p_min"] = (_agentes.loc[_habla, "p_min"] + _agentes.loc
58         [_habla, "p_max"] + 1) // 2
59         _agentes.loc[_escucha, "p_max"] = (_agentes.loc[_escucha, "p_min"] + _agentes
60         .loc[_escucha, "p_max"]) // 2
61         _agentes.loc[_escucha, "p_min"] = _agentes.loc[_habla, "p_min"]
62         _agentes.loc[_habla, "p_max"] = _agentes.loc[_escucha, "p_max"]
63     else:
64
65         if _agentes.loc[_habla, "p_min"] < _agentes.loc[_escucha, "p_min"]:
66             _agentes.loc[_habla, "p_min"] = _agentes.loc[_escucha, "p_min"]
67         else:
68             _agentes.loc[_escucha, "p_min"] = _agentes.loc[_habla, "p_min"]
69
70         if _agentes.loc[_habla, "p_max"] > _agentes.loc[_escucha, "p_max"]:
71             _agentes.loc[_habla, "p_max"] = _agentes.loc[_escucha, "p_max"]
72         else:
73             _agentes.loc[_escucha, "p_max"] = _agentes.loc[_habla, "p_max"]
74
75     return agentes
76 In [8]:
77 def conversacion(_agentes, _N):
78     for habla in range(1, _N+1):
79
80         escucha = habla
81         while escucha == habla:
82             escucha = random.randrange(1, _N+1)
83
84         agentes = actualizar_expectativas(_agentes, habla, escucha)
85
86     return agentes
87 In [18]:
88 def decision(_agentes, _costo):
89
90     _agentes["estado"] = "consumidor"
91     _agentes["p_int"] = np.nan
92     _agentes["p_esp"] = np.nan
93     _agentes.ix[_agentes["valor"] < _agentes["p_min"] - _costo, "estado"] = "vendedor"

```

```

90     _agentes.ix[agentes["valor"] > agentes["p_max"]+_costo, "estado"] = "comprador"
91
92     oferta = _agentes[_agentes["estado"]=="vendedor"].copy()
93     demanda = _agentes[_agentes["estado"]=="comprador"].copy()
94
95     oferta["p_int"] = (oferta["p_min"] + oferta["p_max"]) // 2
96     demanda["p_int"] = demanda["p_max"]
97
98     if len(demanda)>0:
99         demanda = demanda.sample(frac=1)
100
101     return _agentes, oferta, demanda
102 In [19]:
103 def matching(_agentes, _ranking, demanda, oferta, _costo):
104     _agentes["intercambio"] = np.nan
105
106     for comprador in demanda.index:
107         oferentes = _ranking[_ranking.index.isin(oferta.index)]
108         oferta["ranking"] = oferentes[comprador]
109         oferta.sort_values("ranking")
110
111         for vendedor in oferta.index:
112             if oferta.loc[vendedor, "p_int"] <= demanda.loc[comprador, "p_int"]:
113
114                 _agentes.loc[comprador, "intercambio"] = vendedor
115                 _agentes.loc[vendedor, "intercambio"] = comprador
116
117                 _agentes.loc[vendedor, "p_int"] = oferta.loc[vendedor, "p_int"]
118                 _agentes.loc[vendedor, "utilidad"] += oferta.loc[vendedor, "p_int"] -
119                 _agentes.loc[vendedor, "valor"] - _costo
120
121                 _agentes.loc[comprador, "p_esp"] = demanda.loc[comprador, "p_int"]
122                 _agentes.loc[comprador, "p_int"] = oferta.loc[vendedor, "p_int"]
123                 _agentes.loc[comprador, "utilidad"] += _agentes.loc[comprador, "valor"]
124                 _agentes.loc[comprador, "p_int"] - _costo
125
126                 _ranking.loc[vendedor, comprador] += 1
127
128                 _agentes.loc[comprador, "p_max"] = oferta.loc[vendedor, "p_int"]
129
130             # comprador: baja p_max
131             _agentes.loc[vendedor, "p_min"] = oferta.loc[vendedor, "p_int"]
132             # vendedor: sube p_min
133
134             if _agentes.loc[comprador, "p_min"] > oferta.loc[vendedor, "p_int"]:
135                 _agentes.loc[comprador, "p_min"] = oferta.loc[vendedor, "p_int"]
136             # comprador: baja p_min
137
138             oferta = oferta.drop(vendedor)
139             demanda = demanda.drop(comprador)
140
141             break
142         else:
143             _ranking.loc[vendedor, comprador] -= 1
144             _agentes.loc[comprador, "p_max"] = oferta.loc[vendedor, "p_int"]
145             # comprador: sube p_max
146             _agentes.loc[vendedor, "p_min"] = demanda.loc[comprador, "p_int"]
147             # vendedor: baja p_min
148
149             if comprador in demanda.index:
150                 demanda.loc[comprador, "estado"] = "insatisfecho"
151
152     return _agentes, oferta, demanda
153 In [28]:
154 N = 10 #Numero de agentes
155 R = 100 #Numero de repeticiones
156 T = 30 #Numero de dias
157 S = 10 #Numero de casos
158 P = 50 #Espacio de precios
159 E = 100 #Espacio de preferencias
160 c = 1 #Costo de acceder al mercado

```

```

153
154 total = pd.DataFrame()
155 bench = pd.DataFrame()
156
157 for caso in range(0,S):
158     ranking, agentes = inicializacion(N,P,E)
159
160     matriz_benchmark = benchmark(agentes,N,T)
161     matriz_benchmark["CASO"] = caso +1
162     bench = bench.append(matriz_benchmark)
163
164     for repeticion in range(0,R):
165         reset(agentes,N,E)
166
167         for dias in range(0,T):
168             agentes = conversacion(agentes,N)
169             agentes, _oferta, _demanda = decision(agentes,c)
170
171             if (len(_oferta)>0) and (len(_demanda)>0):
172                 agentes, _oferta, _demanda = matching(agentes,ranking,_demanda,
173                 _oferta,c)
174
175         base = pd.merge(agentes,ranking,left_index=True,right_index=True,how="
176         left")
177         base = pd.merge(base,ranking.T,left_index=True,right_index=True,how="
178         left")
179         base["CASO"] = caso+1
180         base["REP"] = repeticion+1
181         base["DIA"] = dias+1
182
183         total = total.append(base)
184
185 total = total.reset_index().set_index(["CASO","REP","DIA","AGENTE"])
186 total.to_csv("base_de_datos.csv")
187 bench = bench.set_index(["CASO","AGENTE"])
188 bench.to_csv("benchmark.csv")

```

Referencias

- D. Heymann; Perazzo, R. and Zimmermann, M. (2013). Economía de fronteras abiertas. exploraciones en sistemas sociales complejos. *Editorial Teseo-Udesa*.
- Kahneman, D. (2012). Pensar rápido, pensar despacio. *Editorial Debate*.
- Kahneman, D. and Tversky, A. (1974). Judge under uncertainty: heuristic and biases. *Science*, pages 1124–1131.
- Kőszegi, B. and Rabin, M. (2006). A model of reference-dependent preferences. *Quarterly Journal of Economics*, pages 1124–1131.
- Myerson, R. B. (1979). Incentive compatibility and bargaining problem. *Econometrica*, 47:61–74.
- Qiming Lu, G. K. and Szymanski, B. (2009). The naming game in social networks: Community formation and consensus engineering. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 4:221–235.
- Rabin, M. (1993). Incorporating fairness into game theory and economics. *The American Economic Review*, 83:1281–1302.
- Spiegler, R. (2006). Competition over agents with boundedly rational expectations. *Theoretical Economics*, 1:207–231.
- Spiegler, R. (2014). Bounded rationality and industrial organization. *Oxford University Press*.